

ВЛИЯНИЕ ПЛАЗМЕННОГО МОДИФИЦИРОВАНИЯ ПОВЕРХНОСТИ НА ЭКСПЛУАТАЦИОННЫЕ ХАРАКТЕРИСТИКИ ЭЛЕМЕНТОВ ЭНДОПРОТЕЗОВ ИЗ ТИТАНОВОГО И ЦИРКОНИЕВЫХ СПЛАВОВ

Сафарян А.И.

Научный руководитель: д.т.н., проф. Мамонов А.М.

ФГБОУ ВПО «МАТИ – Российский государственный технологический
университет имени К.Э. Циолковского»

121552, Москва, ул. Оршанская, 3, каф. «МиТОМ»

Тел.: (499) 141-94-61, факс (495) 417-89-78,

mitom@implants.ru

Сплавы на основе титана и циркония благодаря своей биологической совместимости и высоким механическим свойствам являются оптимальными металлическими материалами для изготовления силовых имплантатов. Однако низкие триботехнические свойства исключают их применение в узлах трения имплантатов, в частности эндопротезов крупных суставов. Альтернативными материалами для узлов трения являются сплавы системы Co-Mo-Cr, а также Al и Zr керамики. Однако первые содержат токсичные элементы, а керамики не стойки к ударным нагрузкам.

Для повышения триботехнических характеристик металлических материалов перспективными считаются технологии модифицирования поверхности и нанесения износостойких покрытий. В последние годы ведутся активные работы по разработке и внедрению технологий комплексного ионно-плазменного модифицирования циркониевых сплавов ионами азота, углерода, кислорода.

Поэтому в работе исследовали влияние комплексного импульсного плазменного (ИП) модифицирования поверхности титановых и циркониевых сплавов на их триботехнические характеристики и износостойкость в паре трения со сверхвысокомолекулярным полиэтиленом. Исследования проводили на специальных образцах и головках эндопротезов тазобедренного сустава из титанового сплава ВТ6 и циркониевых сплавов Zr1Nb и Zr1Cu1Mo.

Исследование фазового состава образцов из циркониевого сплава Zr1Cu1Mo после ИП обработки показало наличие в поверхностном слое, кроме твердых растворов элементов внедрения в α – цирконии, наличие оксида, нитрида и карбида циркония. На образцах из титанового сплава образуется слабо связанный с основой поверхностный слой черного цвета - предположительно свободного углерода, легко удаляемый механически.

При обработке циркониевого сплава было реализовано два режима обработки с различной температурой индукционного нагрева образцов. ИП обработка титанового и циркониевых сплавов приводит к возрастанию поверхностной твердости в 2-2,5 раза. Шероховатость поверхности предварительно отполированных образцов после ИП обработки практически не ухудшается. Результаты приведены в таблице 1.

Таблица 1- Твердость и шероховатость поверхности образцов.

Сплав	Твердость HV _{0,1} , МПа		Ra, мкм	Температура нагрева, °С
	в исходном состоянии	после ИП обработки		
Ti-6Al-4V	376	730	0,05	720
Zr1Nb	315	685	0,05	720
Zr-1Cu-1Mo режим 1	343	824	0,03	720
Zr-1Cu-1Mo режим 2	343	915	0,03	780

Установлено, что минимальные моменты трения в парах с СВМПЭ достигаются на головках из сплава ВТ6 после ИП обработки и удаления слабо связанного с основой поверхностного слоя, а также на головках из сплавов Zr-1Cu-1Mo и Zr1Nb после ИП обработки по режиму с более низкой температурой индукционного нагрева (рис. 1).

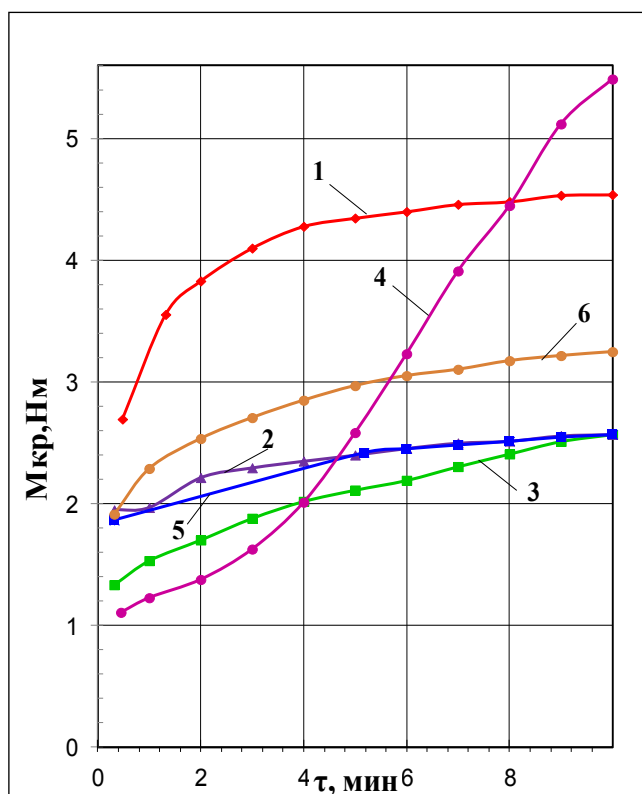


Рис. 1 - Зависимость момента кручения от времени испытания в парах трения вкладыш из СВМПЭ и головка из:

- 1 – ВТ6 после ИП;
- 2 – ВТ6 после ИП (удаленный черный слой);
- 3 – Zr1Nb после ИП;
- 4 – Zr-1Cu-1Mo без обработки поверхности;
- 5 – Zr-1Cu-1Mo после ИП нанесения покрытия по режиму 1;
- 6 – Zr-1Cu-1Mo после ИП нанесения покрытия по режиму 2.

Наименьшие значения коэффициентов трения в паре с полиэтиленом имеют образцы из титанового сплава ВТ6 после ИП обработки и удаления

поверхностного слоя, а также из Zr-1Cu-1Mo обработанного по режиму 1. По данным, полученным в результате эксперимента, в парах трения “металл-СВМПЭ” и “металл-СВМПЭ с поперечными связями” существенной разницы в значении коэффициента трения замечено не было. Результаты приведены в таблице 2.

Таблица 2 - Среднее значение коэффициента трения.

Пары трения	СВМПЭ	СВМПЭ с поперечными связями	Сфера из сплава ВТ6
Шайба - ВТ6 после ИП	0,26	-	0,50
Шайба - ВТ6 после ИП (удаленный поверхностный слой)	0,15	-	0,50
Шайба – Zr-1Cu-1Mo с ИП покрытием (режим 1)	0,17	0,16	-
Шайба- Zr-1Cu-1Mo с ИП покрытием (режим 2)	0,25	0,24	-
Шайба- Zr-1Cu-1Mo без обработки поверхности	0,16	-	-

Исследования износостойкости головок были проведены на тех же парах трения, что и определение крутящего момента. На поверхности трения вкладышей из СВМПЭ после испытаний на износостойкость с головками прошедшими ИП обработку, следов износа типа рисок, задиров и других не зарегистрировано.

На поверхности головок из титанового сплава ВТ6 после ИП и шлифовки наблюдаются круговые полосы серого и бурых цветов. Они представляют собой налипшие на головку частицы полиэтилена, которые легко удаляются протиркой спиртом. С увеличением базы испытаний до 1000 оборотов, количество налипшего полиэтилена возрастает, что свидетельствует о развивающемся износе полиэтилена. Испытания головок из циркониевых сплавов дает качественно аналогичные результаты. Та же картина износа полиэтилена наблюдается и при увеличении в 3-15 раз базы испытаний. Следов износа самих головок не обнаружено.

На основании полученных результатов можно сделать вывод, что ИП обработка повышает износостойкость титанового сплава ВТ6 и циркониевых сплавов Zr1Nb и Zr1Cu1Mo. Планируются дальнейшие исследования влияния режимов ИП обработки на эксплуатационные характеристики элементов узлов трения.